

PROCEDE AUTOMATIQUE DE TRANSMISSION DES ALERTES DE SURVEILLANCE D'UN AERONEF VERS LE SOL

L'invention concerne un procédé de transmission d'informations entre une unité de gestion des communications embarquée à bord d'un aéronef et un système de contrôle aérien sol. L'invention concerne aussi une 5 unité de gestion des communications d'un réseau aéronautique de télécommunication, embarquée à bord d'un aéronef et reliée à un système de contrôle aérien situé au sol.

Le réseau aéronautique de télécommunication ATN (acronyme de l'expression anglo-saxonne Aeronautical Telecommunication Network) 10 permet d'assurer des liaisons numériques sol-bord, fiables pour des échanges d'informations entre des aéronefs au sol ou en vol et des centres au sol, que ces centres soient affectés à une activité de contrôle aérien, les informations échangées avec les autorités du contrôle aérien étant dites ATC (acronyme de l'expression anglo-saxonne Air Traffic Control), ou à une 15 activité d'exploitation de l'aéronef ou du vol, les informations échangées avec la ou les compagnies exploitant l'aéronef qui peuvent être très diverses étant dites non-ATC, la distinction entre les deux types d'informations se justifiant par des contraintes de transmission différentes au niveau de la sécurité et de la fiabilité.

20 On peut citer comme exemple d'informations ATC, la position, le cap, la vitesse de l'aéronef, des ordres de modification de trajectoire ; il peut s'agir aussi de message échangés entre le pilote et le contrôleur aérien, ces messages étant numérisés. Ces informations sont envoyées périodiquement selon une fréquence prédéterminée ou à l'occasion d'un événement.

25 Comme toute liaison numérique, le réseau aéronautique de télécommunication ATN permet des échanges d'informations ou dialogues, entre deux tâches ou applications déroulées par des processeurs distants, en général un processeur placé à bord d'un aéronef et un processeur placé au sol. Les applications pouvant dialoguer entre elles par le réseau 30 aéronautique de télécommunication ATN sont dites ATC ou non-ATC selon la nature des informations qu'elles échangent.

Le réseau aéronautique de télécommunication ATN comporte une partie aérienne à bord de chaque aéronef raccordé et une partie terrestre.

La partie aérienne se compose de divers équipements émetteurs-récepteurs embarqués sur un aéronef. Ils sont gérés à bord de l'aéronef par un automate dit unité de gestion des communications qui, en plus de leur gestion, assure l'initialisation, le maintien, l'achèvement et le routage d'une 5 communication, l'exécution d'applications de contrôle aérien comme la communication périodique de la position de l'aéronef au contrôle au sol et l'exécution d'applications de gestion de flotte comme le suivi de la consommation de l'aéronef.

10 L'aéronef est généralement aussi équipé d'un système de surveillance comme par exemple un système T<sup>2</sup>CAS (acronyme de l'expression anglo-saxonne « Traffic and Terrain Collision Avoiding System ») qui fournit au pilote des informations sur la situation environnante de l'aéronef, qui lui permet d'échanger des informations avec d'autres aéronefs également équipés du même système, et qui le cas échéant lui 15 propose des manœuvres d'évitement de collision entre aéronefs ou d'évitement de terrain. Ces informations destinées à l'équipage, sont affichées sur un écran ND (acronyme de l'expression anglo-saxonne « Navigation Display »). Elles sont très précises et recalculées à chaque seconde : les distances sont par exemple indiquées avec une précision de 20 quelques dizaines de mètres.

15 Mais l'unité de gestion des communications et le système de surveillance ne communiquent pas : les informations du système de surveillance ne sont pas automatiquement transmises à l'autorité de contrôle aérien. Lorsqu'une manœuvre d'évitement est proposée au pilote par le 25 système de surveillance, celle-ci peut entrer en conflit avec un ordre précédent de l'autorité de contrôle aérien. Bien que la décision concernant la manœuvre soit du ressort du pilote, il s'ensuit généralement une discussion entre le pilote et l'autorité de contrôle aérien ; mais celle-ci ne dispose pas des mêmes informations.

30 Concernant la situation environnante de l'aéronef, l'autorité de contrôle aérien dispose d'informations fournies par des radars sol : ces informations ne sont fournies que toutes les 6 secondes et sont moins précises que celles fournies par le système de surveillance. Elle ne dispose pas en particulier des divers choix offerts au pilote, ni bien sûr de la situation 35 environnante de l'aéronef vue du bord.

En outre, cet échange vocal entre le pilote et l'autorité de contrôle aérien, est une source de retard dans l'exécution d'une manœuvre qui pourtant nécessite parfois une réaction rapide.

Un but important de l'invention est donc d'éviter ces éventuels 5 conflits et source de retard concernant ces manœuvres d'évitement.

Pour atteindre ce but, l'invention propose un procédé de transmission d'informations entre une unité de gestion des communications embarquée à bord d'un aéronef et un système de contrôle aérien sol, 10 caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes consistant pour l'unité de gestion des communications, à :

- a) détecter la réception d'alertes provenant d'un système de surveillance embarqué, via un bus de communication,
- b) lorsqu'une alerte est détectée, mettre en forme les informations 15 contenues dans l'alerte en un rapport selon un format prédéterminé, et envoyer ce rapport vers le système sol.

Selon une caractéristique de l'invention, il consiste préalablement à la détection de la réception d'une alerte, à recevoir du système sol une requête d'abonnement, et à réaliser les étapes a) et b) tant que la requête 20 d'abonnement est maintenue.

Ces informations de surveillance sont ainsi transmises automatiquement vers le système de contrôle aérien sol via le réseau aéronautique de télécommunication : elles permettent à l'autorité de contrôle aérien de disposer quasiment en temps réel de la situation précise de 25 l'environnement de l'aéronef telle que perçue par le pilote. Le pilote est conforté dans le choix de sa décision, sachant que les informations de surveillance sont automatiquement transmises à l'autorité de contrôle aérien qui peut réagir immédiatement en cas de désaccord.

Cela permet d'accroître la sécurité aérienne.

30 L'invention a aussi pour objet une unité de gestion des communications d'un réseau aéronautique de télécommunication, embarquée à bord d'un aéronef, comportant une zone de stockage d'applications, une unité centrale, un routeur, et apte à échanger des informations avec un système de contrôle aérien sol, caractérisée en ce 35 qu'elle comporte des moyens de réception d'informations provenant d'un

système de surveillance embarqué, et une application de transmission de ces informations reçues vers le système de contrôle aérien sol, au moyen de l'unité centrale et du routeur .

Selon une caractéristique de l'invention, les moyens de réception  
5 comportent un bus de communication entre le système de surveillance  
embarqué et l'unité de gestion des communications.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront  
à la lecture de la description détaillée qui suit, faite à titre d'exemple non  
10 limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 représente schématiquement un réseau aéronautique  
de télécommunication ATN,

la figure 2 représente schématiquement un exemple d'unité  
embarquée de gestion des communications d'un réseau aéronautique de  
15 télécommunication ATN,

la figure 3 représente schématiquement un exemple de système  
de surveillance, en l'occurrence un système T<sup>2</sup>CAS,

la figure 4 représente schématiquement un système de  
surveillance T<sup>2</sup>CAS, relié à une unité embarquée de gestion des  
20 communications conformément à l'invention,

la figure 5 représente sous forme d'organigramme, un exemple de  
transmission par l'unité de gestion des communications, d'une alerte émise  
par le système de surveillance T<sup>2</sup>CAS.

25 Le réseau aéronautique de télécommunication ATN est conçu  
pour utiliser les différents médias envisageables pour des liaisons air-sol  
(HF, VHF, radar mode S, satellite) et pour utiliser au sol des réseaux de  
transmission de données spécialisés ou non, commutés ou non, par câble ou  
ondes hertziennes, relayées ou non par satellite, afin de faire parvenir les  
30 informations transmises à destination.

Comme représenté à la figure 1, le réseau aéronautique de  
télécommunication ATN comporte une partie aérienne 1 à bord de chaque  
aéronef 2 raccordé et une partie terrestre 3.

La partie aérienne 1 se compose de divers équipements  
35 émetteurs-récepteurs embarqués sur un aéronef 2 et adaptés aux différents

médias utilisables pour les communications air-sol. Ces équipements émetteurs-récepteurs et leurs correspondants au sol constituent des sous-réseaux de transmission. Sur la figure 1, sont représentés un émetteur-récepteur 10 constituant une tête de sous-réseau de transmission mode VDL 5 2 opérant en VHF selon un protocole spécifique normalisé, un émetteur-récepteur 11 constituant une tête de sous-réseau de transmission mode HF DL opérant en HF selon un autre protocole spécifique normalisé, un émetteur-récepteur 12 constituant une tête de sous-réseau de transmission mode S opérant en UHF en collaboration avec un radar secondaire selon un 10 autre protocole également normalisé et un émetteur-récepteur 13 constituant une tête de sous-réseau de communication AMSS (abréviation de l'anglo-saxon " Aeronautical Mobile Satellite System ") mode Satcom data 3 opérant avec un relais satellitaire 4, selon encore un autre protocole normalisé. Ces divers émetteurs-récepteurs 10, 11, 12, 13 peuvent présenter des parties 15 communes de sorte que les différents sous-réseaux peuvent ne pas être tous disponibles simultanément. Ils peuvent même ne pas être présents au complet sur un aéronef, cela dépendant du degré d'équipement de l'aéronef considéré. Ils sont gérés à bord d'un aéronef par un automate 14 dit unité de 20 gestion des communications qui, en plus de leur gestion, assure, par manipulation d'une pile mémoire ( ou routeur) dans laquelle transitent les données à échanger avec le sol, l'initialisation, le maintien et l'achèvement d'une communication.

La partie terrestre du réseau aéronautique de télécommunication ATN se compose de stations sol de routage 5, 6. Ces stations sol de routage 25 5, 6 sont équipées de moyens de communication sol-air, émetteurs-récepteurs HF-VHF 7, radar mode S 8, station terrestre de communication par satellite 9, leur permettant de communiquer avec les aéronefs passant dans leurs voisinages selon un ou plusieurs des modes de communication prévus : sous-réseau Satcom Data 3, sous-réseau VDL mode 2, sous-réseau 30 Mode S ou sous-réseau mode HF DL et reliées entre elles et à divers centres au sol 15, 16 intéressés par des échanges d'informations avec les aéronefs, par des réseaux de transmission numérique de données spécialisés ou non, commutés ou non, utilisant le câble ou les ondes hertziennes relayées ou non par satellite.

Les recommandations de l'OACI (acronyme de l'expression Organisation de l'Aviation Civile Internationale) fixent dans le détail, de manière contraignante, la méthode de gestion des communications au travers du réseau aéronautique de télécommunication ATN, essentiellement, 5 l'adressage, l'établissement, le maintien et l'achèvement d'une communication, et les applications dites "ATC" remplissant des tâches impliquant des échanges d'informations de type ATC au travers du réseau aéronautique ATN. Par contre, elles ne s'intéressent pas aux autres applications dites "non-ATC" remplissant des tâches n'impliquant pas 10 d'échanges d'informations de type ATC au travers du réseau aéronautique de télécommunication ATN.

La figure 2 illustre, de manière schématique, un exemple d'architecture matérielle et logicielle pour une unité 14 de gestion des communications de réseau aéronautique de télécommunication ATN.

15 Cette unité 14 de gestion des communications est constituée, comme à l'habitude, d'un calculateur spécialisé avec une unité centrale 20, une mémoire et des interfaces d'entrée-sortie.

La mémoire comporte différentes parties dont, principalement, :

- une pile ATN 21 dite routeur avec des registres dont la manipulation par l'unité centrale 20 permet la mise en application des protocoles de transmission du réseau ATN aussi bien pour engendrer le flux de données émis du bord vers le sol à partir des informations à transmettre et des informations de service utilisées pour l'établissement, le maintien et la conclusion d'une liaison au sein du réseau ATN, que pour l'extraction des informations contenues dans le flux de données reçues du sol au cours d'une liaison et leurs redirections vers les équipements embarqués concernés,
- une partie 22 utilisée pour le stockage de différentes applications, et
- une partie 23 utilisée pour le stockage d'une base de données sur le réseau ATN.

35 Les interfaces d'entrée-sortie relient l'unité de gestion des communications avec différents équipements de l'aéronef qui sont essentiellement :

- les systèmes émetteurs-récepteurs 25, 26, 27, 28 de l'aéronef pouvant jouer le rôle de têtes de sous-réseaux de communication air-sol pour le réseau ATN,
- les équipements 29 de l'aéronef pouvant être amenés à utiliser le réseau ATN pour échanger des informations avec le sol, et
- au moins une interface homme-machine IHM 30 telle que, par exemple, le MCDU ("Multipurpose Control Display Unit"), permettant un dialogue de l'unité de gestion des communications avec l'équipage de l'aéronef pour que celui-ci puisse donner ses consignes à l'unité de gestion des communications et en retirer diverses informations sur l'état des liaisons établies au travers du réseau ATN.

10 Parmi les applications stockées dans la partie 22 de la mémoire de l'unité de gestion des communications et exécutés en temps partagés par 15 son unité centrale 20, on trouve classiquement :

- une application 31 de gestion et de répartition de tâches gérant les activités des différents émetteurs-récepteurs embarqués 25, 26, 27, 28 pouvant servir de tête de sous-réseau de communication,
- une application "Applis ATC" 34 chargé de l'exécution de tâches relevant du contrôle aérien, et
- des applications "Applis non-ATC" 35 chargés de l'exécution de tâches relevant de la gestion du vol et de l'aéronef.

20 Ces différentes applications sont conçues par des spécialistes du 25 génie logiciel en tenant compte à la fois des spécificités des équipements embarqués à bord de l'aéronef, des protocoles normalisés du réseau ATN et des desiderata des autorités de contrôle du trafic aérien et de la compagnie exploitant l'aéronef.

25 A l'heure actuelle, une fois qu'une des applications "Applis ATC" 30 34 a déterminé la nécessité d'une liaison avec le sol par l'intermédiaire du réseau ATN, elle fait directement appel à la pile de communication ATN pour l'établissement de la liaison. Le message est alors relayé de proche en proche au sein du réseau jusqu'au terminal distant demandé.

On va décrire comme exemple de système de surveillance un système T<sup>2</sup>CAS, mais l'invention s'applique à tout autre système de surveillance équivalent.

Un système T<sup>2</sup>CAS donne au pilote des avis sur les risques de 5 conflit avec le terrain et avec d'autres aéronefs ; ceux-ci sont équipés de répéteurs comportant un radar de surveillance secondaire SSR (acronyme de l'expression anglo-saxonne Secondary Surveillance Radar).

Le système calcule d'abord non pas la distance mais le temps pour atteindre le point de rapprochement maximal ou CPA (acronyme de 10 l'expression anglo-saxonne Closest Point of Approach) d'un autre aéronef, en divisant la distance oblique entre deux aéronefs par la vitesse de rapprochement. Le système émet ensuite deux types d'alerte à l'attention du pilote, en fonction du temps obtenu et de l'altitude de vol de l'aéronef SL (acronyme de l'expression anglo-saxonne Special Ledge) : des 15 recommandations sur des manœuvres d'évitement ou RA (acronyme de l'expression anglo-saxonne Resolution Advisory) et des avis sur le trafic environnant ou TA (acronyme de l'expression anglo-saxonne Traffic Advisory). Ces avis aident le pilote à visualiser l'aéronef qui se rapproche, et le préparent à une éventuelle manœuvre d'évitement. Ces alertes sont 20 affichées sur un écran et annoncées oralement. Le pilote dispose aussi d'informations sur le trafic environnant qui sont affichées sur un autre écran.

Le système T<sup>2</sup>CAS comprend typiquement, comme représenté figure 3 :

une unité centrale 41 qui assure la surveillance de l'espace aérien 25 et du terrain, le repérage des aéronefs se rapprochant, la détection des menaces, la détermination des manœuvres d'évitement et la génération des alertes,

un tableau de contrôle 42 du système T<sup>2</sup>CAS, inclus dans celui du répéteur 43 de l'aéronef et qui comprend un sélecteur à 3 positions : éteint, 30 mode TA, ou mode automatique c'est-à-dire TA et RA,

deux antennes 44, 45 distinctes des antennes 46, 47 du répéteur,

une connexion avec le mode S du répéteur 43 pour obtenir des alertes RA complémentaires et coordonnées avec celles provenant du système T<sup>2</sup>CAS d'un autre aéronef,

- une connexion avec un altimètre 48 pour obtenir l'altitude théorique (pression altitude en anglais),
- une connexion avec un altimètre radar 49 pour inhiber les alertes RA lorsque l'aéronef est à proximité du sol et/ou pour déterminer si les 5 aéronefs détectés par le système T<sup>2</sup>CAS sont au sol,
- des haut-parleurs 50 pour les annonces orales,
- des écrans d'affichage 51 des données pertinentes,
- une connexion avec un dispositif 52 fournissant les performances de l'aéronef,
- 10 une connexion avec une base de données terrain 53 fournissant le relief du terrain.

Le système T<sup>2</sup>CAS n'est pas connecté au pilote automatique ni au calculateur de vol FMS (acronyme de l'expression anglo-saxonne Flight Management System) dont est équipé l'aéronef. Et il fonctionne 15 indépendamment des systèmes au sol.

Selon l'invention, un bus 60 de communication, représenté figure 4 relie le système T<sup>2</sup>CAS 40 émetteur à l'unité de gestion des communications 14 qui est alors récepteur : plus précisément ce bus 60 relie l'unité centrale 41 du système T<sup>2</sup>CAS à l'unité centrale 20 de l'unité de 20 gestion des communications.

... Lorsqu'une alerte est émise par le système T<sup>2</sup>CAS, celle-ci est alors également transmise à l'unité de gestion des communications via ce bus.

L'application « Appli-ATC » de l'unité de gestion des 25 communications comporte une nouvelle application dédiée à la transmission des alertes vers le sol ; le système sol correspondant comporte alors une nouvelle application dédiée à la réception de ces alertes. Selon une variante de l'invention, cette nouvelle application, de l'unité 14 est une extension de l'application ATC existante, chargée de l'émission de rapports vers le sol 30 (position, route suivie, ...). Cette application ATC étendue est référencée 34'. Les rapports sont émis vers le sol suite à une requête préalable d'abonnement provenant du sol. Cette requête d'abonnement comprend une demande d'envoi des alertes provenant du système de surveillance, et indique l'adresse du système sol auquel envoyer ces alertes.

L'organigramme de la figure 5 illustre les principales étapes de cette application.

Cette nouvelle application 34' comprend deux modes de fonctionnement, un mode veille et un mode scrutation.

5 Le mode veille en 71 correspond à l'état initial. L'application reste inactive tant qu'aucune requête d'abonnement n'a été reçue de la part du système sol du contrôleur aérien. Cela permet d'éviter d'utiliser les ressources de l'unité de gestion des communications, si cela n'est pas nécessaire. Lors de la réception via un récepteur 25, 26, 27 ou 28 d'une  
10 requête d'abonnement du sol en 72, l'unité de gestion des communications passe alors dans le mode scrutation : l'application ATC embarquée est en effet toujours disponible.

En mode scrutation, l'unité de gestion des communications se met en 73 à l'écoute des alertes qui pourraient être émises par le système de  
15 surveillance. Cette écoute est réalisée de façon permanente, sur le bus de communication qui relie le système de surveillance T<sup>2</sup>CAS (émetteur) à l'unité de gestion des communications (récepteur). La scrutation sur le bus de communication est une fonction d'entrée/sortie de bas niveau de l'unité de gestion des communications, qui n'est pas pénalisante en terme de temps de  
20 traitement et d'utilisation des ressources de l'unité de gestion des communications. Dès qu'une alerte est émise en 74 par le système de surveillance, celle-ci est détectée par l'unité de gestion des communications. En 75 les informations qu'elle contient sont alors mises en forme, par le routeur ATN 21 en un rapport qui est envoyé en 76 vers le système sol  
25 homologue via un émetteur 25, 26, 27 ou 28 ; ces informations sont mises en forme selon un protocole déterminé. Ce rapport peut contenir la situation environnante de l'avion (position des autres avions) ainsi que la manœuvre d'évitement proposée. Ce mode est maintenu tant que le système sol reste abonné comme indiqué en 77. Si un message de résiliation d'abonnement  
30 est reçu, l'unité de gestion des communications revient alors en mode veille en 71, sinon l'unité de gestion des communications revient se mettre à l'écoute en 73.

Dès que l'autorité de contrôle aérien le demande, les informations de surveillance sont ainsi relayées automatiquement vers le système de  
35 contrôle aérien sol via l'unité de gestion des communications et le réseau

aéronautique de télécommunication : elles permettent à l'autorité de contrôle aérien de disposer quasiment en temps réel de la situation précise de l'environnement de l'aéronef telle que perçue par le pilote. Le pilote est conforté dans le choix de sa décision, sachant que les informations de surveillance sont automatiquement transmises à l'autorité de contrôle aérien qui peut réagir immédiatement en cas de désaccord.

Cela permet d'accroître la sécurité aérienne.

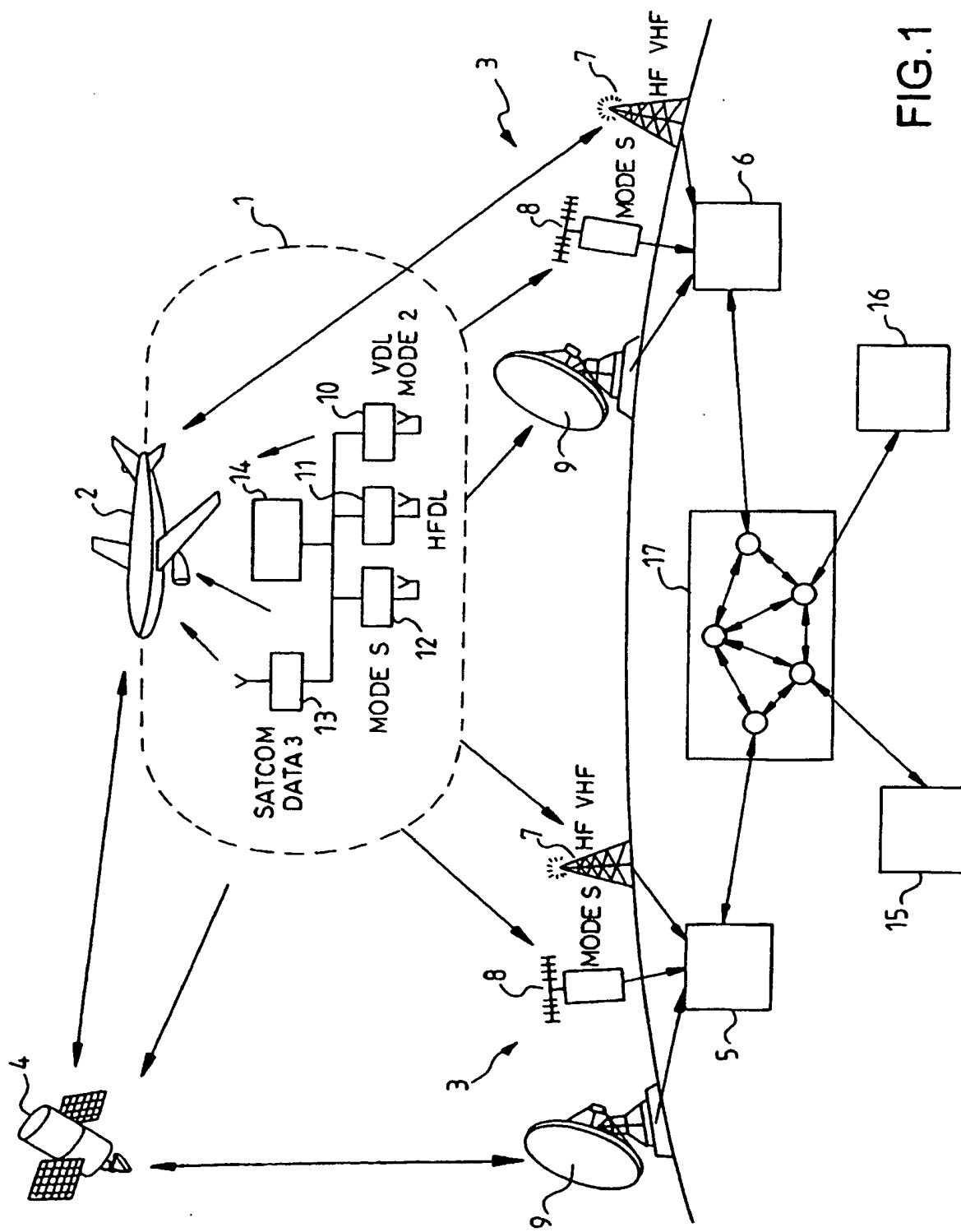
## REVENDICATIONS

1. Procédé de transmission d'informations entre une unité de gestion des communications embarquée à bord d'un aéronef et un système de contrôle aérien sol, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes  
5 consistant pour l'unité de gestion des communications à :
  - a) détecter la réception d'alertes provenant d'un système de surveillance embarqué, via un bus de communication,
  - b) lorsqu'une alerte est détectée, mettre en forme les informations contenues dans l'alerte en un rapport selon un format prédéterminé, et  
10 envoyer ce rapport vers le système sol.
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il consiste préalablement à la détection de la réception d'une alerte, à recevoir du système sol une requête d'abonnement comportant une  
15 demande d'envoi des alertes et une adresse du système sol auquel envoyer les alertes, et à réaliser les étapes a) et b) tant que la requête d'abonnement est maintenue.
3. Unité (14) de gestion des communications d'un réseau  
20 aéronautique de télécommunication, embarquée à bord d'un aéronef, comportant une zone (22) de stockage d'applications, une unité centrale (20), un routeur (21), et apte à échanger des informations avec un système de contrôle aérien sol, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens (60) de réception d'informations provenant d'un système de surveillance  
25 embarqué, et une application (34') de transmission de ces informations reçues vers le système de contrôle aérien sol, au moyen de l'unité centrale (20) et du routeur (21).
4. Unité de gestion des communications selon la revendication  
30 précédente, caractérisée en ce que les moyens de réception (60) comportent un bus de communication entre le système de surveillance embarqué et l'unité de gestion des communications.

5. Unité de gestion des communications selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisée en ce que les informations provenant du système de surveillance sont des alertes d'évitement de terrain et /ou d'évitement de trafic et/ou des alertes météo.

5

10



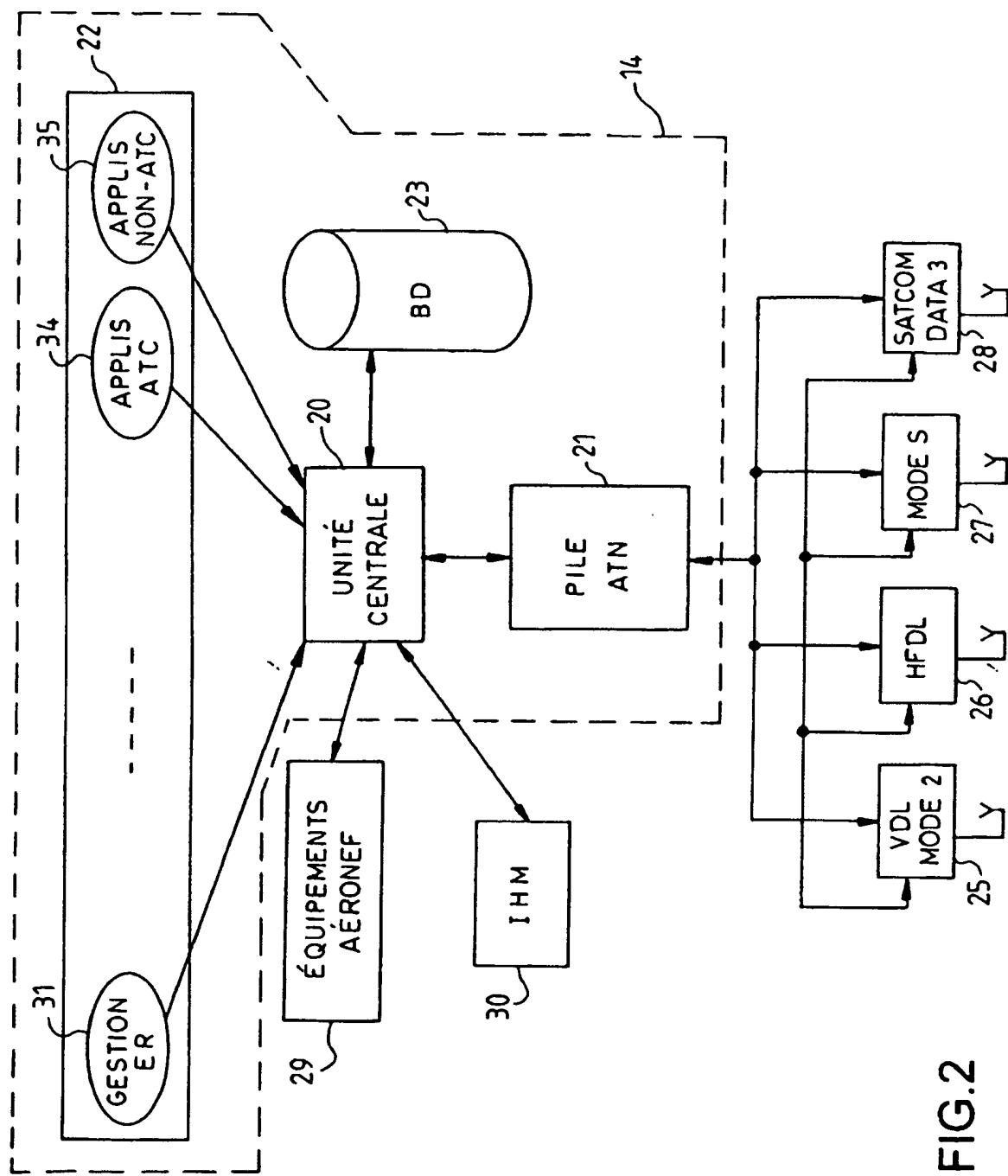


FIG. 2

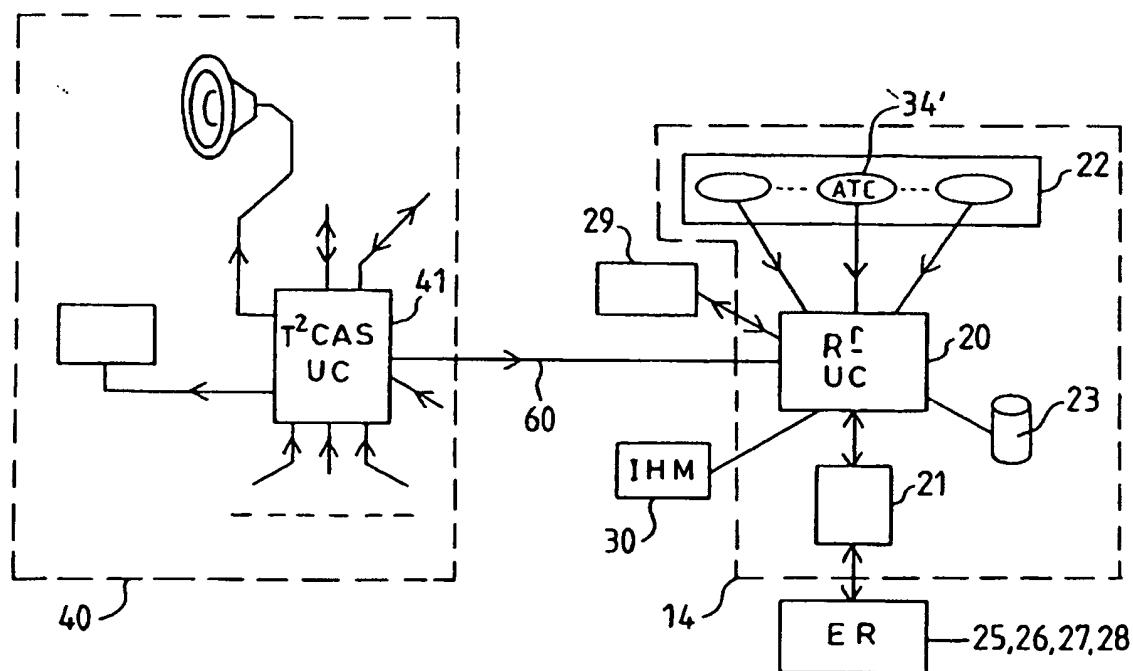
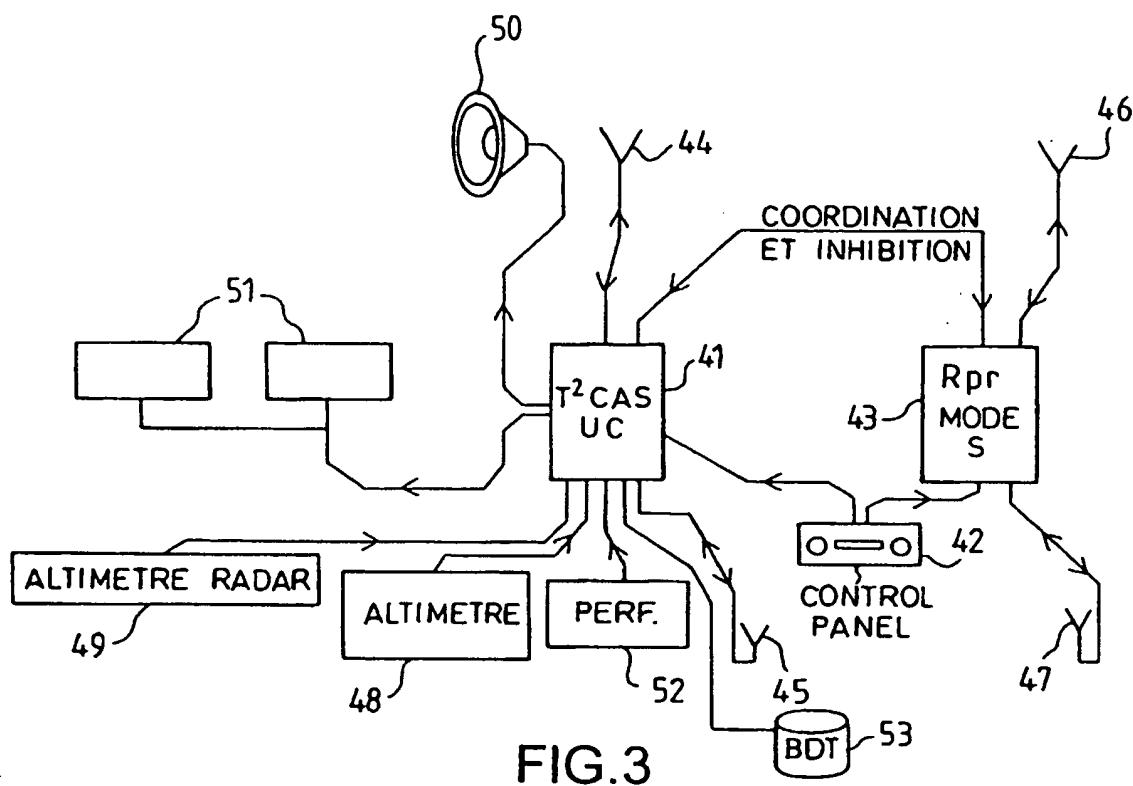


FIG.4

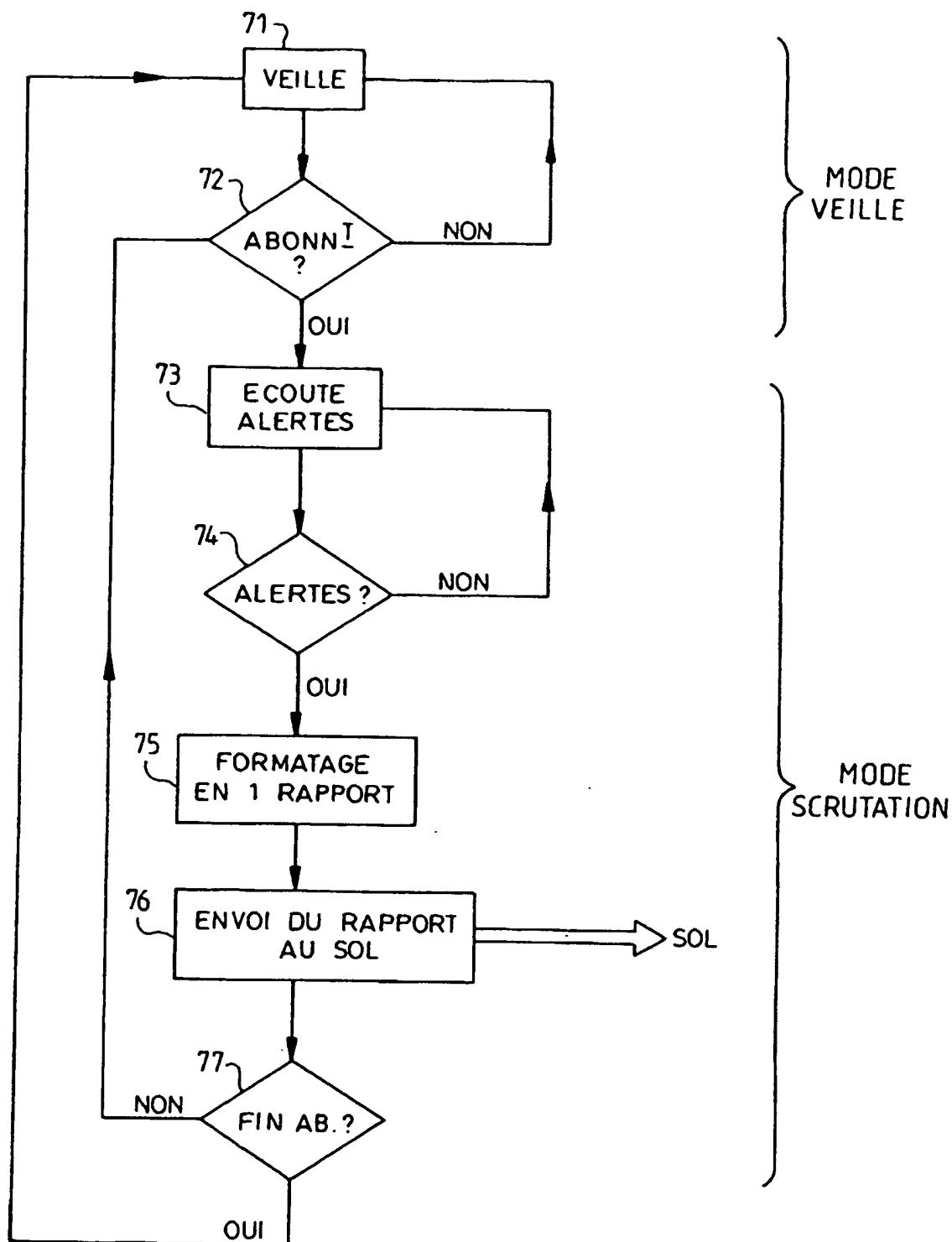


FIG.5